

Impacto ambiental de jaulas flotantes: estado actual de conocimientos y conclusiones prácticas

L. Molina Domínguez y J. M. Vergara Martín

Grupo de Investigación en Acuicultura. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
Instituto Canario de Ciencias Marinas. Apdo. 56. E-35200 Telde (Gran Canaria), España. Correo electrónico: luciam@iccm.rcanaria.es

Recibido en octubre de 2005. Aceptado en noviembre de 2005.

RESUMEN

Todas las actividades humanas ejercen una influencia sobre el medio en que se desenvuelven, y la acuicultura no es una excepción. En el desarrollo de la acuicultura, los aspectos medioambientales acaparan una atención especial, reflejada en la abundante bibliografía existente. Sus efectos y las fuentes que los originan han sido descritos en múltiples trabajos.

Se revisan aquí los más recientes y relevantes estudios referidos a los efectos medioambientales de las jaulas marinas, extrayéndose conclusiones prácticas para el sector.

Palabras clave: Impacto ambiental, jaulas, evaluación.

ABSTRACT

Environmental impact of floating cages: Current status and practical conclusions

All human activities produce some impact on the surrounding environment, and aquaculture is no exception. As the aquaculture sector has developed, environmental aspects have become motives for increasing concern, as reflected in the large number of published studies now available. The effects of aquacultural activity, and the sources of its wastes, have been described in many papers.

The present paper draws practical conclusions for the Mediterranean aquaculture sector from a review of the most recent and relevant published works on the environmental impact of farms using marine cages.

Keywords: *Environmental impact, cages, assessment.*

INTRODUCCIÓN

Actualmente existe una abundante bibliografía referida al impacto ambiental de la acuicultura (Munday *et al.*, 1992, 1994; Wu, 1995; Pitta *et al.*, 1999; Karakassis *et al.*, 1999, 2000; Read, Fernandes y Miller, 2001; Read y Fernandes, 2003; Yokohama, 2003), que es particularmente copiosa en lo concerniente a granjas de jaulas para el engorde de peces en el Mediterráneo (Carroll *et al.*, 2003; Vergara *et al.*, 2004; La Rosa

et al., 2001, 2004; Belias *et al.*, 2003; Cancemi, Falco y Pergent, 2003; Aguado-Giménez y García García, 2004). En este tipo de instalaciones se cultiva el 66,5 % de la producción piscícola europea, y este porcentaje es aun mayor tratándose de peces marinos: el 98,9 %, con dorada *Sparus aurata* L., 1758 y lubina *Dicentrarchus labrax* (L., 1758) como especies más representativas.

Los efectos potenciales de la acuicultura sobre el medio y las variables donde pueden reflejarse

han sido ya perfectamente descritos (Read, Fernandes y Miller, 2001; Read y Fernandes, 2003; Molina Domínguez y Vergara Martín, 2004), así como los factores de los que dependen. También son ya conocidas las fuentes de impacto que los producen y que, en última instancia, son sólo unas pocas, cuya importancia y efectos ya han sido repetidamente evaluados en estudios de campo.

El sector comercial de la piscicultura en jaulas presenta unas tasas de crecimiento muy elevadas, pero soporta también un nivel de escrutinio frecuentemente muy pormenorizado en lo que respecta a su posible impacto sobre el medio ambiente costero donde se asienta, aspecto que, en ocasiones, puede ser utilizado para frenar su progresión.

El objetivo de este trabajo es contrastar los datos científicos conocidos sobre el impacto ambiental producido por las jaulas de cultivo en ambientes costeros y extraer conclusiones prácticas, tanto para los granjeros como para las administraciones competentes.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se ha tenido en cuenta la bibliografía más actualizada respecto a las fuentes, efectos y consecuencias del impacto ambiental de la acuicultura, tanto las revisiones como los estudios de campo realizados en los últimos años en áreas geográficas distintas.

De manera especial, se han examinado y cotejado los resultados obtenidos en los estudios más relevantes y que abarcaran el mayor número de granjas de jaulas marinas en diversos emplazamientos donde la acuicultura presentara cantidades de producción significativas. De estos estudios se han extraído los datos más concluyentes y se han comparado entre sí para comprobar si se han apreciado diferencias por áreas. Asimismo se contrastan estos resultados con la normativa usual de monitorización del impacto ambiental de las jaulas exigido por distintas administraciones, extrayendo conclusiones prácticas y enfatizando las magnitudes clave para obtener una información real sobre la influencia que estas instalaciones producen sobre el medio.

RESULTADOS

Fuentes de impacto

La variedad de efectos de la acuicultura procede, en última instancia, sólo de algunas (pocas) fuentes de impacto, como son el alimento suministrado, los productos químicos utilizados, las excreciones y la mortalidad de los organismos cultivados; también de la interacción entre los organismos en libertad y los cultivados.

Los sistemas intensivos, especialmente los de peces carnívoros u omnívoros, son altamente dependientes del alimento añadido, habitualmente dietas secas (Beveridge, Phillips y Clarke, 1991). Una proporción variable del alimento suministrado no es ingerida, bien por sobrealimentación, bien por una gestión inadecuada de la dieta o de su administración, y los efectos que esto conlleve dependerán de la cantidad perdida y del tipo de alimento de que se trate. A su vez, el alimento ingerido condiciona la excreción soluble y particulada de la fracción no digerida, que, al final, se incorporará al medio (Munday *et al.*, 1992; Persson, 1988).

El uso de productos químicos varía notablemente según el sistema, las especies y la intensidad del cultivo; aunque se emplean de forma muy diluida, pueden terminar disueltos en el agua y acumulados en los sedimentos, afectando a su calidad y su naturaleza. Los efectos son más acusados en los sistemas intensivos, y fundamentalmente proceden de los medicamentos y de los preparados *antifouling* (Read y Fernandes, 2003).

La fuga de organismos cultivados (o de sus puestas) influye sobre las poblaciones en libertad por cruzamiento o hibridación (Youngson *et al.*, 2001), depredación, competencia, destrucción del hábitat e, incluso, transmisión de enfermedades. El riesgo de este efecto es mayor en instalaciones flotantes, en las que las fugas son más frecuentes. Las consecuencias, difíciles de predecir, son más graves si se trata de especies foráneas al ecosistema.

De todos los efectos descritos provocados por las jaulas en el entorno, el más estudiado es el enriquecimiento en nutrientes y materia orgánica, disueltos o en forma de partículas.

Cuantificación de residuos

Estos estudios se basan en el conocimiento de la biomasa de organismos producidos, teniendo en cuenta su mortalidad y el alimento no ingerido, y en el análisis cuantitativo y cualitativo del alimento suministrado, ya que su composición es un factor esencial en las cantidades de desechos generados.

En la práctica, estas consideraciones se refieren a aquellos nutrientes sobrantes cuyo vertido al medio provoca mayores efectos: el nitrógeno y el fósforo, elementos esenciales en la dieta de los peces. En líneas generales, aproximadamente la cuarta parte de los nutrientes suministrados en la dieta son retenidos por los peces, mientras que el resto es liberado al medio, tanto en forma disuelta como particulada.

Las nuevas formulaciones y la mejora de los procesos de fabricación de piensos persiguen la disminución de los contenidos en nitrógeno y fósforo de las dietas, así como el descenso de los índices de conversión, factores que reducen la cantidad de residuos vertidos al medio.

Efectos de la acuicultura

Los efectos de la acuicultura obedecen en gran medida a factores relacionados con el tipo de explotación, la localización geográfica, el sistema de cultivo empleado y las especies producidas.

La influencia de las instalaciones acuícolas en el medio ambiente depende básicamente de las cualidades físicas, químicas y biológicas de la masa de agua afectada y de las características ecológicas específicas de la zona en que se encuentren ubicadas. Las especies para la acuicultura se diferencian entre sí de manera significativa en sus características biológicas y ecofisiológicas, por lo que sus cultivos producen efectos distintos en el medio, determinando, también, la magnitud y el tipo de implicaciones ecológicas. Estos efectos se hacen notar en los ámbitos siguientes.

En la columna de agua

La descarga de nutrientes procedentes de la acuicultura supone un enriquecimiento (hiper-

nutricación o fertilización) que puede dar lugar a un incremento de la producción primaria o eutrofización. En el caso en que ésta alcance proporciones significativas, puede producir un *bloom* algal, que aumenta la turbidez y disminuye la concentración de oxígeno en el agua.

En los sedimentos

La materia orgánica que se libera en forma sólida es degradada fácilmente en el sedimento en presencia de oxígeno. La cantidad de oxígeno requerida en este proceso se denomina demanda biológica de oxígeno (DBO) y constituye la cantidad de este elemento consumida por las bacterias al descomponer los restos orgánicos. Por este proceso, el gasto de oxígeno puede incrementarse entre 3 y 15 veces (Enell y Löf, 1983; Hall y Holby, 1986), y las cantidades oscilan entre 2,0 y 4,5 kg de oxígeno por día y tonelada de peces producida. Como consecuencia, puede producirse un déficit de oxígeno en el sedimento, lo que provoca cambios en sus condiciones químicas que favorecen la liberación adicional del fósforo y el nitrógeno contenidos en la materia orgánica, acelerando el proceso de eutrofización. Esta deficiencia de oxígeno puede afectar a los organismos cultivados, provocando desoxigenación total en ciertos periodos anuales ligados a los ciclos de marea y a la formación de termoclinas estivales en la columna de agua. Sin embargo, en ambientes marinos abiertos, esto no suele resultar problemático. Por otro lado, la acción en condiciones anaerobias de bacterias sulfatoreductoras y metanogénicas ocasiona la producción de dióxido de carbono, gas sulfhídrico y metano (Samuelsen, Ervik y Solheim, 1988; Earll *et al.*, 1984; Kupka-Hansen, Pittman y Ervik, 1991), compuestos que pueden resultar tóxicos para los organismos cultivados. Estos efectos se restringen a la cercanía de las jaulas, siempre en función de las características de la zona, y afectan a las comunidades bénticas, tanto en su diversidad como en su abundancia, proceso reflejado, por ejemplo, en las altas densidades de poliquetos oportunistas —como *Capitella capitata* (Fabricius, 1780) (entre 1 000 y 10 000 individuos por km²)— y en la práctica desaparición de los equinoder-

mos (Gowen, 1991) o los moluscos (Tsutsumi, 1995).

Revisión de estudios recientes relevantes sobre el impacto ambiental de la acuicultura

Noruega

El instituto AKVAPLAN-NIVA de I+D realizó, entre 1996 y 1998, un estudio en 80 granjas de engorde de salmón *Salmo salar* L., 1758 en jaulas. Se analizaron variables ambientales, como la cantidad de carbono orgánico total (TOC) o materia orgánica, distribución y tamaño de partículas, análisis de macrofauna bentónica, profundidad de fondeo de jaulas y velocidad de corrientes. También la gestión de la empresa: toneladas de pienso empleadas, años de funcionamiento y abandono periódico del fondeo. Los sedimentos fueron muestreados en tres zonas: el lecho bajo las jaulas, fondos situados a 50-100 m de éste y en una zona de control a 1 000 m de distancia. Los resultados obtenidos se detallan a continuación.

- Sólo el contenido en carbono orgánico y la cantidad de macrofauna bentónica mostraron correlación con la calidad de los sedimentos, y sólo los situados directamente bajo las jaulas resultaron estadísticamente afectados respecto a las demás zonas.
- Sólo hubo correlación entre la calidad de los sedimentos y la variable de gestión de alternancia en el fondeo, y no se apreció influencia del número de años de operación ni de las toneladas de pienso empleadas.

Los autores sugieren que la analítica del sedimento (cantidades contenidas de materia orgánica y de nitrógeno), puede ser suficiente para una evaluación fiable del impacto medioambiental de granjas marinas constituidas por jaulas flotantes.

Japón

El estudio fue realizado por el Instituto Nacional de Investigación en Acuicultura en 22 gran-

jas de jaulas para el engorde de dorada japonesa *Pagrus major* (Temminck y Schlegel, 1843) y seriola japonesa *Seriola quinqueradiata* Temminck y Shlegel, 1845, entre 1998 y 1999. Los resultados obtenidos fueron los siguientes.

- Correlación estadística positiva entre el contenido en nitrógeno total del sedimento y la biomasa de macrofauna bentónica.
- Niveles de N por encima de 1,2 mg/g se asociaron con una disminución de la macrofauna y, por tanto, con una degradación del medio.

Al igual que en el estudio anterior, los autores sugieren que la analítica del sedimento (contenidos en materia orgánica y en nitrógeno), puede ser suficiente para una evaluación fiable del impacto medioambiental de granjas marinas de jaulas.

Canarias

Estudio realizado por el Instituto Canario de Ciencias Marinas en dos granjas de jaulas para engorde de dorada *Sparus aurata* L., 1758 y lubina *Dicentrarchus labrax* (L., 1758) en Gran Canaria, durante 2000 y 2001, sobre la retención de nutrientes (nitrógeno y fósforo) por los peces cultivados y su liberación al medio. Se analizó el agua (salinidad, pH, oxígeno disuelto, temperatura, turbidez, amonio, nitritos más nitratos, fosfatos y clorofila) y los sedimentos (materia orgánica, nitrógeno y fósforo). También se evaluaron los regímenes de corrientes y se estudiaron los ecosistemas pelágicos, bentónicos e intermareales en diferentes áreas de influencia de ambas granjas. Los puntos siguientes resumen los resultados obtenidos.

- Los residuos liberados en forma disuelta por las dos granjas estudiadas no ejercieron un impacto relevante sobre el medio ambiente acuático, y, por tanto, sobre la calidad del agua, para los niveles particulares de biomasa existentes y las características de dispersión de los lugares de ubicación de estas granjas.
- El impacto observado sobre los sedimentos fue muy moderado y localizado, y debido al alimento no consumido.

Mediterráneo

Se han revisado distintos estudios (Karakassis *et al.*, 1999, 2000; Pitta *et al.*, 1999; Karakassis y Hatziyanni, 2000; La Rosa *et al.*, 2001, 2004; Mirto *et al.*, 2002; Belias *et al.*, 2003; Cancemi, Falco y Pergent, 2003; Aguado-Giménez y García-García, 2004) realizados en el Mediterráneo (Italia, Grecia y España). Los resultados obtenidos por los distintos autores se pueden resumir en los puntos siguientes.

- No se apreció un impacto negativo sobre el medio acuático.
- Sólo se vieron negativamente afectados los ecosistemas relacionados con el sedimento situado directamente bajo las jaulas.
- Este efecto se produce como consecuencia de la acumulación de pienso no consumido y sedimentado en estas áreas.
- No se encontró correlación alguna con la batimetría ni con el régimen de corrientes de las zonas estudiadas.
- Solamente los contenidos del sedimento en carbono orgánico y nitrógeno total, así como la biomasa de macrofauna bentónica, mostraron correlación con la calidad del sedimento.

DISCUSIÓN

Todos los estudios citados coinciden en que el efecto de la descarga de nutrientes de las jaulas de cultivo afecta a los sedimentos cercanos a las instalaciones, concretamente en los contenidos de materia orgánica y nitrógeno. Incluso, algunos autores reseñan que el análisis de los sedimentos puede ser suficiente como evaluación del impacto medioambiental de las jaulas. También se apunta al alimento no consumido como principal fuente de los desechos producidos.

Si se analiza la normativa existente en España, se observa que las comunidades autónomas tienen competencias al respecto y han diseñado, previamente a la publicación de estos resultados, protocolos de estudios de impacto y de seguimiento ambiental. A modo de ejemplo, citamos el descrito por Sánchez-Mata y Mora (2000), que solicita la evaluación de las siguientes variables.

- Variables abióticas en la columna de agua: pH, temperatura, sólidos en suspensión, salinidad, concentración de oxígeno disuelto, presencia de hidrocarburos, sustancias organohalógenas, metales (plata, arsénico, cadmio, cromo, cobre, mercurio, níquel, plomo, zinc), nitrógeno, fósforo, cloro, bromo, metano, sulfhídrico y coliformes fecales.
- Variables abióticas en los sedimentos: granulometría, materia orgánica, metales pesados, hidrocarburos y otros productos químicos contaminantes.
- Variables bióticas: detección de microorganismos (sulfobacterias y coliformes mediante observación microscópica, cultivos selectivos y tests bioquímicos específicos) y monitorización de plankton, necton y bentos.

Si se comparan los controles exigidos con los efectuados en los estudios anteriores, se puede concluir que los requeridos son desproporcionados. A la luz de estos resultados, lo consecuente sería actualizar y homogeneizar la gestión medioambiental de este tipo de granjas. Por ejemplo, solicitando muestreos periódicos del sedimento marino y la analítica de sus contenidos en materia orgánica y nitrógeno total en un máximo de cuatro áreas diferentes de posible influencia de estas granjas, incluida un área lo suficientemente alejada para ser considerada como de control. En áreas como el Mediterráneo, donde el fósforo resulte limitante, podría incluirse la medición de las concentraciones de este nutriente. Estos registros, según los estudios analizados, se muestran suficientes para evaluar el impacto producido por las jaulas sobre el medio ambiente, además de ser de obtención asequible y económica para los granjeros, especialmente si se comparan con la cantidad excesiva de los exigidos en la actualidad.

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los resultados de los más recientes estudios científicos realizados, resulta apropiado plantear la necesidad de actualizar y homogeneizar la legislación referida a la instalación de las jaulas de cultivo y al seguimiento y

control del impacto de las mismas sobre el medio por parte de las administraciones competentes.

Como conclusiones prácticas para los granjeros y promotores de este tipo de instalaciones, podemos inferir que una adecuada gestión de la alimentación, evitando la sobrealimentación (que también resulta antieconómica), es una herramienta fundamental para prevenir y minimizar los efectos ambientales negativos de este tipo de instalaciones, junto con la adecuada localización y diseño de las instalaciones atendiendo a las características morfológicas, batimétricas e hidrodinámicas de la zona.

Por último, los científicos deben ser capaces de trasladar a la sociedad estos resultados y divulgarlos para que puedan ser asimilados por la opinión pública en general, de manera que la imagen desfavorable que a veces acompaña a la presencia de jaulas de cultivo pueda ser reinterpretada correctamente.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguado-Giménez, F. y B. García-García. 2004. Assessment of some chemical parameters in marine sediments exposed to offshore cage fish farming influence: a pilot study. *Aquaculture* 242: 283-295.
- Belias, C., V. Bikas, M. Dassenakis y M. Scoullas. 2003. Environmental Impacts of Coastal Aquaculture in Eastern Mediterranean Bays. The Case of Astakos Gulf, Greece. *Environmental Science and Pollution Research International* 10: 287-295.
- Beveridge, M. C. M., M. J. Phillips y R. M. Clarke. 1991. A quantitative and qualitative assessment of wastes from aquatic animal production. En: *Aquaculture and water quality. Advances in world Aquaculture*. D. E. Brune y J. R. Tomasso (eds.) 3: 506-533. The World Aquaculture Society. Baton Rouge, EE UU.
- Cancemi, G., G. D. Falco y G. Pergent. 2003. Effects of organic matter input from a fish farming facility on a *Posidonia oceanica* meadow. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 56: 961-968.
- Carroll, M. L., S. Cochrane, R. Fieler, R. Velvin y P. White. 2003. Organic enrichment of sediments on salmon farming in Norway: environmental factors, management practices, and monitoring techniques. *Aquaculture* 22: 165-180.
- Earll, R. C., G. James, C. M. Lumb y R. Pagget. 1984. A report on the effects of fish farming on the marine environment of the Western Islands. En: *A report to the Nature Conservancy Council from Marine Biological Consultants Ltd. Ross-on-Wye*. 524: 1-45. Gloucester. Nature Conservancy Council of Scotland. Peterborough, Reino Unido.
- Enell, M. y J. Löf. 1983. Changes in sediment phosphorus-, iron-, and manganese- dynamics caused band fish farming impact. *Nordic Symposium Sediments* 11: 72-88.
- Gowen, R. J. 1991. Aquaculture and the natural environment. En: *Aquaculture and the environment. Proceedings of Aquaculture Europe '91*. N. de Pauw y J. Joyce (eds.) 14: 328 pp. European Aquaculture Society. Special Publication. Bredene, Bélgica.
- Hall, P. O. J. y O. Holby. 1986. Environmental impact of a marine fish cage culture. *ICES C.M.* 1986/F:46: 1-14.
- Karakassis, I. y E. Hatziananni. 2000. Benthic disturbance due to fish farming analyzed under different levels of taxonomic resolution. *Marine Ecology Progress Series* 203: 247-253.
- Karakassis, I., E. Hatziananni, M. Tsapakis y W. Plaiti. 1999. Benthic recovery following cessation of fish farming: a series of successes and catastrophes. *Marine Ecology Progress Series* 184: 205-218.
- Karakassis, I., M. Tsapakis, K. Hatziananni, N. Papadopoulou y W. Plaiti. 2000. Impact of cage farming of fish on the seabed in three Mediterranean coastal areas. *ICES. J. Mar. Sci.* 57: 1462-1471.
- Kupka-Hansen, P., K. Pittman, y A. Ervik. 1991. Organic waste from marine fish farms. Effects on the seabed. En: *Marine Aquaculture and Environment*. T. Mäkinen (ed.): 105-119. Nordic Council of Ministers. Copenhagen.
- La Rosa, T., S. Mirto, A. Mazzola y R. Danovaro. 2001. Differential responses of benthic microbes and meiofauna to fish-farm disturbance in coastal sediments. *Environ. Pollut.* 112: 427-434.
- La Rosa, T., S. Mirto, A. Mazzola y T. L. Maugeri. 2004. Benthic microbial indicators of fish farm impact in a coastal area of the Tyrrhenian Sea. *Aquaculture* 230: 153-167.
- Mirto, S., T. La Rosa, C. Gambi, R. Danovaro y A. Mazzola. 2002. Nematode community response to fish-farm impact in the western Mediterranean. *Environ. Pollut.* 116: 203-214.
- Molina Domínguez, L. y J. M. Vergara Martín. 2004. Aquaculture Environmental Impact Assessment. En: *Waste Management and the Environment (Waste Management 2004)*. C. A. Brebbia, S. Kungolos, V. Popov y H. Itoh (eds.) II: 321-333. Witpress. Londres.
- Munday, B., A. Eleftheriou, M. Kentouri y P. Divanach. 1992. *The interactions of Aquaculture and the Environment. A bibliographical review*. Commission of the European Communities. Directorate General for Fisheries. Bruselas: 325 pp.
- Munday, B., A. Eleftheriou, M. Kentouri y P. Divanach. 1994. Quantitative statistical analysis of the literature concerning the interaction of the environment and aquaculture; identification of gap and lacks. *J. Appl. Ichthyol.* 10: 319-325.
- Persson, G. 1988. Environmental impact band nutrient emissions from salmonid fish culture. En: *Proceedings*

- of French-Swedish Limnological Symposium (junio, 1987. Thonon-les-Bains, Francia). G. Balvay (ed.). INRA. Thonon-les-Bains, Francia: 215-226.
- Pitta, P., I. Karakassis, M. Tsapakis y S. Snezana Zivanovic. 1999. Natural *vs.* Mariculture induced variability in nutrients and plankton in the eastern Mediterranean. *Hydrobiologia* 391: 181-194.
- Read, P. y T. Fernandes. 2003. Management of environmental impacts of marine aquaculture in Europe. *Aquaculture* 226: 139-163.
- Read, P., T. F. Fernandes y K. L. Miller. 2001. The derivation of scientific guidelines for best environmental practice for the monitoring and regulation of marine aquaculture in Europe. *J. Appl. Ichthyol.* 17 (4): 146-152.
- Samuelson, O. B., A. Ervik y E. Solheim. 1988. A qualitative and quantitative analysis on the sediments gas and diethylether extract on the sediment from salmon farms. *Aquaculture* 74 (3-4): 277-285.
- Sánchez-Mata, A. y J. Mora. 2000. A review of marine aquaculture in Spain: productions, regulations and environmental monitoring. *J. Appl. Ichthyol.* 16: 209-213.
- Tsutsumi, H. 1995. Impact of fish net pen culture on the benthic environment of a cove in South Japan. *Estuaries* 18 (1A): 108-115.
- Vergara, J. M., R. Haroun, N. González, L. Molina, O. Briz, A. Boyra, L. Gutiérrez y A. Ballesta. 2004. *Evaluación de impacto ambiental de acuicultura en jaulas en Canarias*. J. M. Vergara, R. Haroun y N. González (eds.): 110 pp. Oceanográfica. Telde (Gran Canaria), España.
- Wu, R. S. S. 1995. The environmental impact of marine fish culture. *Mar. Pollut. Bull.* 31 (4-12): 159-166.
- Yokohama, H. 2003. Environmental quality criteria for fish farms in Japan. *Aquaculture* 226: 45-56.
- Youngson, A. F., A. Dosdat, M. Saroglia y W. C. Jordan. 2001. Genetic interaction between marine finfish species in European aquaculture and wild conspecifics. *J. Appl. Ichthyol.* 17 (4): 153-162.